

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Racionalizace elektroerosivního obrábění

Rationalization of Electroerosion Machining

Student:

Bc. Kudláčková Lenka

Vedoucí práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, Csc.

Ostrava 2010

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lenka Kudláčková**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Téma: **Racionalizace elektroerosivního obrábění**
Rationalization of Electroerosion Machining

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika problému.
2. Nekonvenční metody obrábění.
3. Návrh technologie obrábění vybrané součásti.
4. Diskuze experimentů.
5. Technicko ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
VASILKO Karol. *Analytická teória trieskového obrábění*. Prešov : COFIN Prešov, 2007. 338 s. ISBN 978-80-8073-759-7.
BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; SADÍLEK, Marek; PETŘKOVSKÁ, Lenka; NOVÁKOVÁ, Jana. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2007 Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archived/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010




prof. Dr. Ing. Josef Brychta
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 1. května 2010

Kudláčková Lenka

.....
Kudláčková Lenka

Prohlašuji, že


- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že VŠB – UT Ostrava má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst.3)
- souhlasím s tím, že diplomové práce bude uložena v elektronické podobě v Ústřední knihovně VŠB – TU Ostrava k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím ze zveřejněním své práce podle zákona č. 171/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 1.5.2010

adresa trvalého pobytu:

Nákladní 344

789 91 Štíty



Kudláčková Lenka

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Vladimír Vrbovi, Csc. za jeho cenné rady. Dále bych chtěla vyslovit poděkování týmu pracovníků firmy SKONAS CZ s.r.o., Zábřeh, kteří mi vždy ochotně vycházeli vstříc při poskytování informací při vypracování diplomové práce.

Kudláčková Lenka

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kudláčková, L. *Racionalizace elektroerosivního obrábění*

Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní

VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010

Diplomová práce, vedoucí Vrba, V.

V diplomové práci je vypracován rozbor nekonvenčních metod obrábění . Dále je v práci proveden návrh technologie výroby poslední sekce postupového nástroje elektroerozivním obráběním . V další části je vypracován rozbor a porovnání navržených technologií. Na základě technologického a ekonomického vyhodnocení je proveden návrh vhodného technologického postupu. V závěru diplomové práce je uvedeno celkové snížení nákladů zvolené technologie.

THE ANNOTATION OF THESIS

Kudlackova, L. *Rationalization of elektroerosion machining*

Ostrava: Department of machining and assembly, Faculty of Mechanical

VSU - Technical University of Ostrava, 2010

Thesis, leading Vrba, V.

The thesis is elaborated analysis of unconventional machining methods. The study also made a proposal technology of the last section of the rolling tool to electroerosion machining. The next section is developed analysis and comparison of proposed technologies. Based on technological and economic evaluation of the proposal is implemented appropriate technological process. In conclusion, indicated an overall reduction in costs of selected technologies.

Obsah

	Úvod	9
1	Obecná charakteristika problému	10
1.1	Téma diplomové práce	10
1.1.1	Střižné nástroje	10
1.1.1.1	Střižníky	11
1.1.1.2	Střižnice	11
1.1.1.3	Desky kotevní, základnové, opěrné, upínací	11
1.1.1.4	Vodicí lišty	12
1.1.1.5	Vodicí pouzdra	12
1.1.1.6	Vodicí čepy	12
1.1.1.7	Upínací stopky	12
1.1.1.8	Dorazy	12
1.1.1.9	Hledáčky	12
1.1.1.10	Pružiny	13
1.1.2	Volba materiálu pro výrobu střižnice	13
1.1.2.1	Základní vlastnosti nástrojových ocelí	13
1.1.3	Firma SKONAS CZ s.r.o., Zábřeh	16
1.1.3.1	Historie firmy SKONAS CZ s.r.o., Zábřeh	16
1.1.3.2	Výrobní program	17
2	Nekonvenční metody obrábění	18
2.1	Oddělování materiálu tepelným účinkem	18
2.1.1	Elektroerozivní obrábění	18
2.1.1.1	Hloubení dutin zápustek a forem	22
2.1.1.2	Výrobu složitých tvarových povrchů	23
2.1.1.3	Řezání drátovou elektrodou	23
2.1.1.4	Leštění povrchů	24
2.1.1.5	Výrobu malých otvorů (mikroděrování)	24
2.1.2	Obrábění paprskem plazmy	25
2.1.3	Obrábění paprskem laseru	26
2.1.4	Obrábění paprskem elektronů	28
2.2	Oddělování materiálu elektrochemickým nebo chemickým účinkem	29
2.2.1	Elektrochemické obrábění	29
2.2.1.1	Obrábění rotující elektrodou	29

2.2.1.2	Obrábění v proudícím elektrolytu	30
2.2.1.3	Leštění	31
2.2.2	Chemické obrábění	31
2.3	Oddělování materiálu mechanickým účinkem	32
2.3.1	Ultrazvukové obrábění	32
2.3.2	Obrábění paprskem vody	35
3	Návrh technologie obrábění vybrané součásti	37
3.1	Technologický postup - řezání	37
3.2	Technologický postup - hloubení	47
4	Diskuze experimentů	57
4.1	Použité strojní technologie	57
4.1.1	Robofil 510 P Charmilles - elektroerozivní drátová řezačka	57
4.1.2	Konvenční metody obrábění: frézování, broušení a vrtání	59
4.1.2.1	Řezné podmínky pro frézování	59
4.1.2.2	Řezné podmínky pro vrtání otvorů	60
4.1.2.3	Řezné podmínky pro rovinné broušení	60
5	Technicko ekonomické zhodnocení	62
5.1	Ekonomické zhodnocení	62
5.2	Technické zhodnocení	64
6	Závěr	66
7	Seznam použité literatury	67
8	Seznam příloh	68
9	Seznam symbolů a zkratk	69

Úvod

Ekonomická krize je současné téma, které se promítá do života jednotlivců, firem i zemí. Většina odborníků se zajímá o příčiny jejího vzniku a dohaduje se nad prognózami budoucího průběhu hospodářské recese. Podnikatelské subjekty by se měly snažit o neustálé zvyšování produktivity práce v zájmu zlepšování ekonomických výsledků i zvyšování konkurenceschopnosti systému. V podstatě jde o to, aby se vyrábělo na stále vyšší úrovni výrobních zařízení a efektivnějšími technologickými postupy, lepší organizací práce a výroby. Metodou k dosažení těchto cílů každé organizace je racionalizace. Základem racionalizace je vyloučení zbytečných ztrát a využití existujících rezerv. Racionalizace zároveň směřuje k zavádění nových technických a organizačních opatření, je zdokonalením dosavadního systému výroby. Zdokonalení systému výroby je založeno na optimálním a maximálním využití výrobních zařízení s minimálními požadavky na vstupy a s cílem dosahovat co nejhospodárnějšího efektu. To znamená zvýšení jakosti a technické úrovně výrobků při snížení nákladů. V této práci se zabývám výběrem vhodného technologického postupu pro výrobu střížnice tak, aby byl zaručen technicko – ekonomický efekt výroby.

1. Obecná charakteristika problému

1.1. Téma diplomové práce

Cílem mé diplomové práce je určit vhodnou technologii pro výrobu poslední sekce součásti postupového střížného nástroje - STŘIŽNICE, která slouží k dokončení výlisku. Tato část je určena pro oddělení výlisku od pásu tzn. přestřížení můstku.

1.1.1. Střížné nástroje

Nástroje, které se používají pro stříhání se nazývají střížné nástroje - stříhadla. Tyto nástroje mohou mít nejrůznější konstrukci. Střížné nástroje se dělí na:

- Jednoduché (výrobek je hotov na jeden zdvih – z plechu se např. stříhají jen jednoduchý tvar bez otvorů)
- Postupové (výrobek je zhotoven v několika krocích). Nejčteněji používané nástroje jsou nástroje postupové, jelikož málokterý výrobek je možné vyrobit jen na jeden zdvih
- Kombinované, sdružené. Do střížných nástrojů se přidávají prvky umožňující současně i daný výrobek ohýbat, razit atd.

Pro zhotovení plně funkčního postupového střížného nástroje je potřeba zhotovit mnoho součástí, jako jsou:

- Střížníky
- Střížnice
- Desky základové, upínací, kotevní, vodící, opěrné
- Vodicí lišty
- Vodicí pouzdra
- Vodicí čepy
- Stopka
- Dorazy
- Hledáčky
- Pružiny
- Ostatní drobné součásti

1.1.1.1. Střížnice

Je to nejnákladnější část střížného nástroje, jelikož střížný otvor vyžaduje precizní vypracování. Hlavní střížný otvor, děrující a pomocné otvory mají být rozděleny tak, aby žádný okraj střížnice nebyl zvláště zeslaben. Tloušťka střížnic se pohybuje zpravidla mezi 18 až 30 mm. Většinou se střížnice zhotovují tak, že střížný otvor sahá jen do určité hloubky a poté je opatřen úkosem. Hloubka, do jaké sahá střížný otvor je závislá na tloušťce stříhaného materiálu.

1.1.1.2. Střížníky

U střížných nástrojů je možné se setkat se střížníky různých konstrukcí. Všechny by však měly splňovat několik základních předpokladů, které jsou nutné k výrobě kvalitních výstřížků. Jsou to: tuhost, kolmé upevnění, odolnost proti bočním i stíracím silám, neotupené ostří. Pokud je na nástroji několik střížníků různých průřezů, měly by být střížníky většího průřezu asi o 0,4 násobek tloušťky stříhaného materiálu delší než střížníky menšího průřezu. Touto úpravou se zabrání zlomení střížníků malého průřezu, ke kterému by došlo pružnou deformací materiálu při vnikání střížníku většího průřezu.

1.1.1.3. Desky

Střížný nástroj se skládá z mnoha desek. Tyto desky se dělí dle funkce, kterou v nástroji zastávají na:

- a) **Základnová deska** - Tato deska je nejspodnější deskou na střížném nástroji. Pomocí této desky je nástroj přichycen ke stroji (lisu).
- b) **Opěrná deska** - O tuto desku mohou být opřeny například střížníky (v horní části nástroje), nebo vložkové střížnice (v dolní části nástroje). Tuto desku je vhodné vyrábět z materiálů, které mají větší tvrdost již za přírodního stavu, nebo jsou tepelně zpracovatelné.
- c) **Deska střížnic** (pokud jsou střížnice vložkové) - Tato deska se používá ve střížných nástrojích především z toho důvodu, že vyrobit velkou střížnici, kde je několik střížných otvorů je velmi obtížné a finančně náročné.
- d) **Vodicí deska** - Vodicí deska má za úkol vést střížníky přesně na místo stříhu. Navíc napomáhá dlouhým a tenkým střížníkům, aby nebyly namáhány na vzpěr.
- e) **Kotevní deska** - V této desce jsou ukotveny střížníky.

- f) **Upínací deska** - Na této desce je připevněna upínací stopka, která se přichytí do beranu lisu. Je to nejvrchnější deska střižného nástroje.

1.1.1.4. Vodicí lišty

Vodicí lišty, které jsou pevně uchyceny na nástroji a mají funkci pouze vést pás plechu ve střižném nástroji. Pokud se jedná např. o nástroj, který stříhá i ohýbá, mají i funkci nadzvedávat plech, který ulpívá na tažnici. Z toho vyplývá, že musí být zvedány např. pružinami.

1.1.1.5. Vodicí pouzdra

Vodicí pouzdra jsou součásti, jejichž funkcí je vést vzájemně jednotlivé desky nástroje vůči sobě, jezdí po vodícím čepu. Ten musí být veden velmi přesně, protože všechny funkční rozměry s ním jsou svázány. Vodicí pouzdra se vyrábí např. z cementační oceli 14 220. Vodicí pouzdra je vhodné mazat, proto mohou být v díře opatřeny zápichem, který je naplněn mazacím médiem.

1.1.1.6. Vodicí čepy

Mají za úkol co nejpresněji vést např. horní část nástroje k dolní části.

1.1.1.7. Stopka

Zabezpečuje ustavení nástroje v lisu, stopka má být v těžišti sil působících v nástroji a tím se pak toto těžiště sil ustaví na střed beranu.

1.1.1.8. Dorazy

Posouvání pásu plechu je v nástroji omezováno pomocí dorazů. V malosériové výrobě se jako doraz nejčastěji používá kolíku zalisovaného ve střižnici, který vyčnívá asi o polovinu tloušťky stříhaného materiálu, nejméně však 1,5 mm. Dále se používá různých dorazů mechanických. Dorazy by měly být konstrukčně jednoduché bezpečné a snadno ovladatelné.

1.1.1.9. Hledáčky

Hledáčky se musí do střižného nástroje zakomponovat zejména, když se vyžaduje přesné vystředění pásu. Většinou se používá hledáček, které středí pás pomocí otvorů, které se vystřihnou v předchozím kroku. Používá se buď středění přímé např. u silnějších materiálů, kde nehrozí deformace způsobené středěním pásu, středí se přímo do otvoru v

součásti nebo středění nepřímé, tzn. u výrobků, kde nejsou otvory se vystřihne otvor pro hledáček do odpadové části pásu.

1.1.1.10. Pružiny

Pružin se u střížných nástrojů využívá zejména k vyvození stírací síly. Stírací síla je nutná k vytažení střížníku, který ulpěl ve stříhaném materiálu. Dále mají také funkci dostat nástroj do výchozí polohy a připravit ho tak pro další stříh.

1.1.2. Volba materiálu pro výrobu střížnice

Volba materiálu: Podle ČSN EN-10027-1

X210Cr12 (19436) - nástrojová ocel legovaná

Střížnice je vyrobena z materiálu 19 436. Jedná se o vysokolegovanou ocel ke kalení v oleji a na vzduchu, s velkou prokalitelností a nižší houževnatostí. Je dobře tvárná za tepla a dobře obrobitelná. Obsahuje 2% uhlíku a 12% chromu. Materiál 19 436, tedy chromová ocel, svými vlastnostmi mezi které patří zvláště vysoká odolnost proti opotřebení, dobrá životnost, dobrá stálost rozměrů při tepelném zpracování a velmi vysoká pevnost v tlaku je vhodná a používána k výrobě střížnic.

1.1.2.1. Základní vlastnosti nástrojových ocelí:

- a) **Tvrdost** - Výše optimální tvrdosti je dána způsobem a podmínkami namáhání nástrojů. Tvrdost nástrojů po kalení závisí především na obsahu uhlíku a vzrůstá s jeho zvyšujícím se obsahem. Legující přísady ovlivňují výrazněji tvrdost oceli tehdy, tvoří-li s uhlíkem karbidy. Používají se zejména Cr, V, W a Mo
- b) **Pevnost v ohybu** - Obdobně jako tvrdost závisí především na obsahu uhlíku (vzrůstá s jeho zvyšujícím se obsahem) a způsobu tepelného zpracování. Pevnost v ohybu u nástrojových ocelí lépe vystihuje způsob namáhání nástroje. Významně závisí rovněž na stavu povrchu, protože vysoce pevné materiály jsou citlivé na vruby.

- c) **Houževnatost** - Určuje odolnost nástrojů vůči mechanickým rázům (tj. proti tvorbě trhlin a jejich šíření). Houževnatost je důležitá hlavně u materiálů na nástroje pro stříhání a tváření. Zvýšení houževnatosti lze dosáhnout zjemněním zrna, rovnoměrným rozložením jemných karbidů a minimalizováním vnitřních pnutí. Nežádoucí je struktura s výraznou karbidickou řádkovitostí a přítomnost nečistot a vměstků.
- d) **Kalitelnost a prokalitelnost** - U nástrojových ocelí bývá obvykle požadováno prokalení celého průřezu. Prokalitelnost závisí hlavně na chemickém složení oceli, velikosti nástroje a rychlosti ochlazování při kalení. Podstatně se zvyšuje zejména přísadou Mn, Cr, Mo a W.
- e) **Odolnost proti popouštění** - Nástrojové oceli si musí zachovat mechanické vlastnosti (hlavně tvrdost) i při práci za vyšších teplot, aby se nesnížila odolnost proti otěru a řezivosti, tedy životnost nástroje. Dostatečnou životnost nástrojů lze zajistit především vhodným výběrem oceli. Odolnost proti popouštění zvyšují hlavně W, Mo, V, Co.
- f) **Odolnost proti otěru a otupení (řezivost)** - Otěr ovlivňuje velikost opotřebení a tím i řezivost (odolnost proti otupení) nástrojů. Odolnost proti otěru je výrazně ovlivňována množstvím, typem a rozložením karbidů ve struktuře. Při otěru se funkční části nástroje zahřívají, proto je nutné, aby měla ocel i dobrou odolnost proti popouštění.
- g) **Stálost rozměrů** - U většiny nástrojů je požadováno, aby měly po tepelném zpracování minimální rozměrové změny, neboť další opracování (broušení) je velice drahé. Navíc u přesných nástrojů musí být zaručena rozměrová stálost i po dlouhých dobách používání.

Chemické složení nástrojových ocelí

Nástrojové oceli obsahují mimo různé množství uhlíku následující prvky:

Doprovodné prvky prospěšné (z výroby): Mn, Si, Al

Legující prvky: Cr, W, Mo, V, Co, Ni

Nečistoty: P, S, Cu, O, N, H

Strukturní složky nástrojových ocelí

Martenzit - žádoucí struktura - tvrdý, pevný, křehký.

Zbytkový austenit - nežádoucí struktura (je měkký), jeho množství závisí na obsahu uhlíku a legujících prvků rozpuštěných v austenitu po výdrži na kalicí teplotě.

Karbidy - žádoucí struktura, karbidy vyskytující se v matici nástrojových ocelí jsou tvrdší než základní matrice, takže zvyšují odolnost proti opotřebení. Jejich vliv je tím větší, čím vyšší je jejich tvrdost a plocha povrchu.

Tepelné zpracování nástrojových ocelí

Polotovary se před vlastní výrobou nástroje žíhají naměkko. Smyslem tohoto žíhání je získat strukturu vhodnou pro zpracování oceli - s nízkou tvrdostí a dobrou obrobitelností. Výkon nástroje je podmíněn nejen výběrem vhodné oceli pro daný účel použití, ale rovněž zvoleným postupem tepelného zpracování. Nástroje získávají výsledné vlastnosti dalším tepelným zpracováním, a to obvykle martenzitickým kalením a popouštěním.

Kalení nástrojových ocelí

Ohřev na kalicí teplotu je pozvolný, často v několika teplotních stupních - kvůli rovnoměrnému ohřevu součástí. Výše kalicí teploty závisí na chemickém složení oceli. Doba výdrže na kalicí teplotě je zpravidla 10-15 minut, max. 30 minut. Ochlazovací rychlost nemá být vyšší než je bezpodmínečně nutná, proto jsou jako ochlazovací prostředí používány olej nebo vzduch, voda jen výjimečně.

Tepelné zpracování nástrojových ocelí na primární a sekundární tvrdost

Primární tvrdost – cílem nízkoteplotního popouštění (do 200°C) je přeměna tetragonálního martenzitu na martenzit kubický, přeměna zbytkového austenitu na martenzit kubický. Výsledná tvrdost oceli po popouštění je odvozena od tvrdosti kubického martenzitu.

Sekundární tvrdost – zvýšením popouštěcí teploty na 550 – 600°C dochází:

k precipitaci jemné disperze částic speciálních karbidů (W_2C , V_4C_3 , Mo_2C) – vzrůst tvrdosti oceli po popouštění. Při ochlazení z popouštěcí teploty dochází k transformaci

ochuzeného zbytkového austenitu na martenzit, čímž dochází opět ke zvýšení tvrdosti oceli po popouštění.

1.1.3. Firma SKONAS CZ s.r.o., Zábřeh

Tato práce je zpracovávána ve firmě SKONAS CZ s.r.o. Zábřeh. Firma se zabývá výrobou lisovacích nástrojů pro tváření plechů za studena. Tyto nástroje jsou určeny pro lisování, děrování, stříhání, tažení výlisků z plechu.

1.1.3.1. Historie firmy SKONAS CZ s.r.o., Zábřeh

Firma SKONAS CZ s.r.o. vznikla v roce 2007 za účelem převzetí kompletního výrobního programu nástrojárny firmy NH Zábřeh, a.s., která zanikla. Pokračuje tak bez přerušení v dosavadním výrobním programu nástrojárny, který postupně rozšiřuje.

Firma SKONAS CZ s.r.o. koupila veškeré strojní vybavení a výrobní prostory této nástrojárny, které postupně doplnila zkušebním lisem, malou pásovou pilou a důležitými měřidly. Sídlo firmy se nachází v Zábřehu v areálu Slováckých strojíren (bývalá NH).



Obr.1 Sídlo firmy SKONAS CZ s.r.o., Zábřeh

1.1.3.2. Výrobní program

Nástrojárna firmy SKONAS CZ s.r.o. nabízí komplexní služby tzn. od konstrukčního návržení, technologického zpracování až po výrobu a odzkoušení lisovacích nástrojů pro tváření plechů za studena. Nástroje se vyrábí nejčastěji v rozměrech do 1 000 mm x 800 mm a hmotnosti do 1 000 kg. Nástroje jsou určeny pro lisování, děrování, stříhání, tváření, ohýbání, tažení výlisků z plechu. Jsou vyráběny na základě požadavku a vzájemné dohody se zákazníkem. Jejich provedení je od jednoduchých, postupových až po složité sdružené nástroje.

Nabídka služeb:

- Konstrukce nástrojů a forem
- Výroba lisovacích nástrojů
- Výroba nástrojů pro tváření za studena
- Výroba kontrolních a montážních přípravků
- Výroba měřících nástrojů
- Výroba přesných strojních dílů
- Výroba forem pro vstřikování plastů
- Výroba forem pro tlakové vstřikování
- Jednouúčelové stroje a montážní celky

2. Nekonvenční metody obrábění

Tyto metody technologie obrábění jsou založeny na využití fyzikálního nebo chemického principu úběru materiálu. Jedná se většinou o bezsilové působení na obráběný materiál, bez vzniku klasických třísek, které známe z obrábění řeznými nástroji. Nekonvenční metody se používají pro obrábění nových konstrukčních materiálů s vysokou pevností, tvrdostí a houževnatostí, materiálů odolných proti opotřebení.

Podle principu úběru materiálu se fyzikální technologie obrábění dělí do následujících skupin:

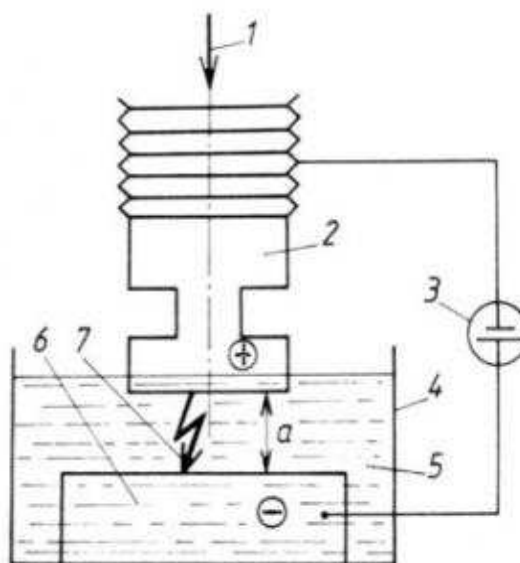
- a) **oddělování materiálu tepelným účinkem**
 - elektroerozivní obrábění
 - obrábění paprskem plazmy
 - obrábění paprskem laseru
 - obrábění paprskem elektronů
- b) **oddělování materiálu elektrochemickým nebo chemickým účinkem:**
 - elektrochemické obrábění
 - chemické obrábění
- c) **oddělování materiálu mechanickým účinkem:**
 - ultrazvukové obrábění
 - obrábění paprskem vody

2.1 Oddělování materiálu tepelným účinkem

2.1.1 Elektroerozivní obrábění

Princip metody: Základem úběru materiálu je elektroeroze, kdy vlivem vysoké koncentrace energie (10^5 až $10^7 \text{ W}\cdot\text{mm}^{-2}$) materiál taje a odpařuje se. Elektroerozivní obrábění je proces, u kterého se dosahuje úběru materiálu elektrickými výboji mezi anodou (nejčastěji ji tvoří nástrojová elektroda) a katodou (nejčastěji ji tvoří obrobek) ponořenými do tekutého dielektrika, což je většinou kapalina s vysokým elektrickým odporem. Elektroerozivním obráběním lze opracovávat pouze elektricky vodivé materiály. Vhodným zapojením a volbou pracovních parametrů elektrického obvodu lze dosáhnout dvou druhů výbojů: oblouk, tj. stacionární výboj; jiskra, tj. nestacionární výboj. Výboje probíhají

mezi elektrodami. Intenzita působení výboje závisí na elektrických parametrech výboje, vzdálenosti mezi elektrodami, znečištění a vodivosti dielektrika.



Obr. 2 Princip zařízení pro elektroerozivní obrábění

1 – směr posuvu nástrojové elektrody, 2 – nástrojová elektroda, 3 – generátor, 4 – pracovní vana, 5 – tekuté dielektrikum, 6 – obrobek, 7 – elektrický výboj

Dielektrikum: Jako dielektrika se používají strojní olej, transformátorový olej, petrolej, destilovaná voda a speciální dielektrika dodávaná výrobcí strojů. Přívod dielektrika mezi obrobek a nástrojovou elektrodu, tzv. vyplachování, je možné realizovat několika způsoby:

a) vnější vyplachování: nejčastěji se používá při obrábění dutin o větší hloubce; je vhodné použít ho v kombinaci s pulzním vyplachováním

b) vnitřní tlakové vyplachování: dielektrikum je přiváděno otvorem v nástrojové elektrodě přímo do pracovního prostoru. Nevýhodou je menší tvarová přesnost boků vyráběné dutiny

c) vyplachování odsáváním: realizuje se odsáváním dielektrika dutinou v nástrojové elektrodě nebo v obrobku. Vyznačuje se velmi dobrou tvarovou přesností obráběné dutiny

d) pulzní vyplachování: je charakterizováno přerušením procesu elektroeroze na 0,15 až 10 s za současného oddálení nástrojové elektrody od obrobku o 0,02 až 10 mm, čímž se zvětší pracovní mezera mezi obrobkem a elektrodou, a dosáhne se tak jejího dokonalého vypláchnutí. Tento způsob vyplachování je výhodný při výrobě hlubokých dutin, při použití tenkých elektrod nebo při obrábění načisto.

e) kombinované vyplachování: jedná se o kombinaci vnitřního tlakového vyplachování a odsávání, čímž lze dosáhnout přesných tvarů obráběné dutiny; používá se zejména při hloubení tvarově složitých dutin.

Nástrojové elektrody: Jako nástroje se u elektroerozivního obrábění používají nástrojové elektrody, které jsou důležité z hlediska technického (určují přesnost rozměrů, jakost obrobené plochy a výkon obrábění) i ekonomického. Nástrojová elektroda se navrhuje a konstruuje pro každý případ obrábění samostatně. Náklady na její zhotovení činí až 50 % z celkových výrobních nákladů. Důležité je volit velmi pečlivě materiál, způsob výroby a také způsob upínání ve vřetenu podle použitého stroje, u strojů s automatickou výměnou elektrod také uložení a identifikaci elektrody v zásobníku nástrojů. Materiály pro výrobu elektrod:

- a) kovové: elektrolytická měď, slitina wolframu a mědi, slitina wolframu a stříbra, ocel, slitina chromu a mědi, mosaz;
- b) nekovové: grafit;
- c) kombinované: kompozice grafitu a mědi.

Materiál nástrojové elektrody : volí se podle materiálu obrobku, použitého stroje a relativního objemového opotřebení nástrojové elektrody. U moderních elektroerozivních strojů s automatickou výměnou nástrojových elektrod je výhodné rozdělit celkový tvar obráběné dutiny na jednodušší snadněji a přesněji vyrobitelné tvary: kruhy, obdélníky, čtverce, trojúhelníky apod. Další možnost zjednodušení tvaru nástrojové elektrody poskytuje CNC řídicí systém, který umožňuje vhodnou kombinací tvaru a pohybu elektrody vyrobit tvarově velmi složité dutiny. Při stanovení rozměrů nástrojových elektrod se vychází:

z požadovaného rozměru dutiny

z velikosti pracovní mezery, která je funkcí pracovních parametrů generátoru (volí se z podkladů dodávaných výrobcem strojů);

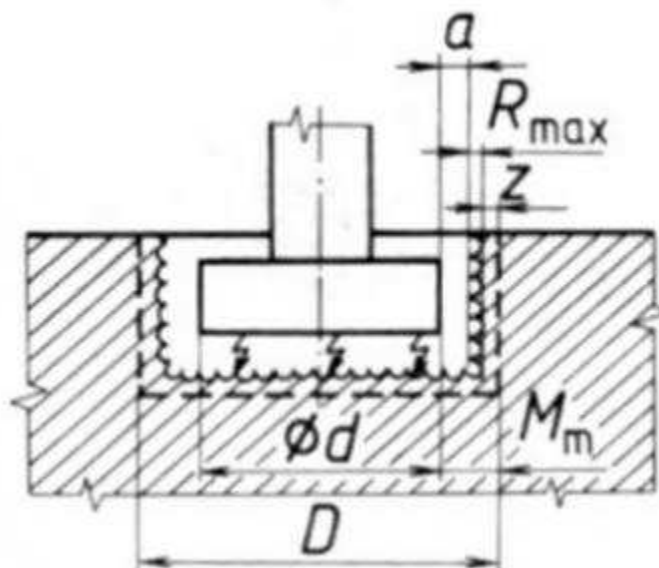
z požadované drsnosti obrobeného povrchu, která je funkcí pracovních parametrů generátoru

z tloušťky narušení obrobeného povrchu - má význam pouze při velkých energiích výbojů (obvykle dosahuje hodnot 0,005 až 0,01 mm)

z minimální hodnoty, o kterou musí být nástroj menší, aby se dosáhlo požadovaného rozměru dutiny.

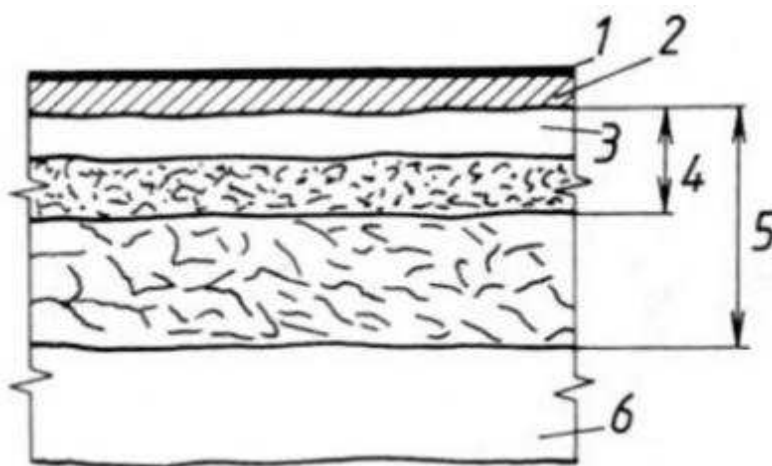
Při výrobě ostrých rohů je nutná korekce tvaru nástrojové elektrody. Příklad stanovení rozměru hrubovací elektrody na hloubení dutiny kruhového tvaru: $d = D - 2(a + R_{\max} + z)$

$= d - 2M_m$, kde: d - průměr nástrojové elektrody, D - požadovaný rozměr dutiny, a - velikosti pracovní mezery, R_{max} - požadovaná drsnost obrobeného povrchu, z - tloušťka narušeného povrchu, M_m - minimální hodnota, o kterou musí být nástroj menší pro dosažení požadovaného průměru dutiny. Stanovení rozměru dokončovací elektrody je dáno vztahem: $d = D - 2a$.



Obr. 3. Stanovení rozměru hrubovací nástrojové elektrody

Dosahované parametry: Kvalita povrchu opracované plochy je dána její drsností a také jejím stavem, tzn. složením. Dosahovaný úběr materiálu obrobku činí 8 až 10 mm³.min.



Obr.4 . Složení povrchu opracované plochy

- 1) mikrovrstva tvořená chemickými sloučeninami vzniklými difúzí prvků dielektrika,
- 2) vrstva obsahující prvky materiálu nástrojové elektrody,
- 3) tzv.bílá vrstva (silně nauhličená znovu ztuhlá tavenina martenzitické struktury),
- 4) pásmo tepelného ovlivnění(zakalený a popuštěný základní materiál obrobku)

5) pásmo plastické deformace vyvolané rázy pulzů,

6) základní materiál obrobku

Elektroerozivní obrábění se používá pro

hloubení dutin zápusťek a forem;

výrobu složitých tvarových povrchů;

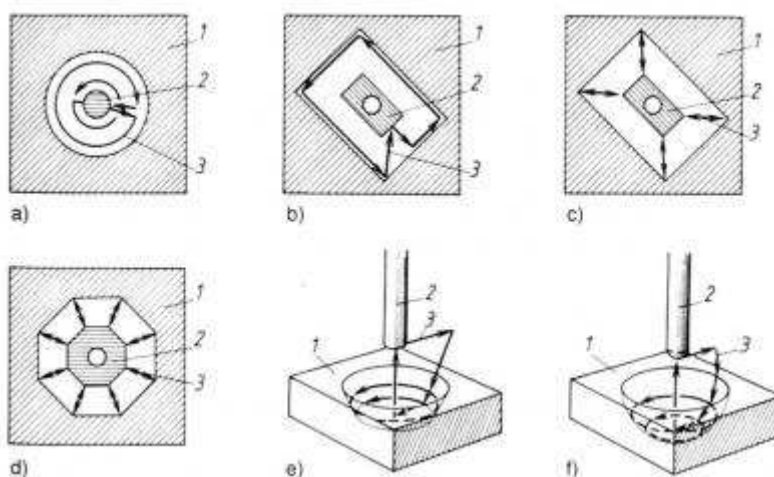
řezání drátovou elektrodou;

leštění povrchů

výrobu malých otvorů (mikroděrování);

2.1.1.1 Hloubení dutin zápusťek a forem:

Moderní stroje mají všechny činnosti řízeny CNC řídicím systémem. Konkrétně se jedná o řízení směru a rychlosti pohybů, polohy pracovního stolu, pracovních parametrů generátoru, přívodu dielektrika, automatické výměny elektrod v zásobníku, rychlosti přísuvu elektrody a kontrolu probíhající elektroeroze. Řídicí systémy umožňují snadné naprogramování stroje. Postup úběru materiálu lze simulovat na obrazovce. Elektroerozivní stroje pro hloubení dutin se vyrábějí také v provedení, které umožňuje bezobslužný provoz až po dobu 48 hodin. Jednotlivé technologické aplikace vyžadují různé formy elektrických výbojů, které jsou na nástrojovou elektrodu a na obrobek přiváděny z generátoru ve formě pulzů o určité frekvenci. Každý pulz je charakterizován napětím, proudem a tvarem.



Obr. 5 Výroba dutiny kombinací tvaru a pohybu nástrojové elektrody

a) kruhové, b), c) obdélníkové, d) osmihranné, e) kuželové, f) kulové

1 – obrobek, 2 – nástrojová elektroda, 3 – pracovní pohyby nástrojové elektrody



Obr. 6. Pracovní prostor elektroerozivního stroje pro hloubení dutin.

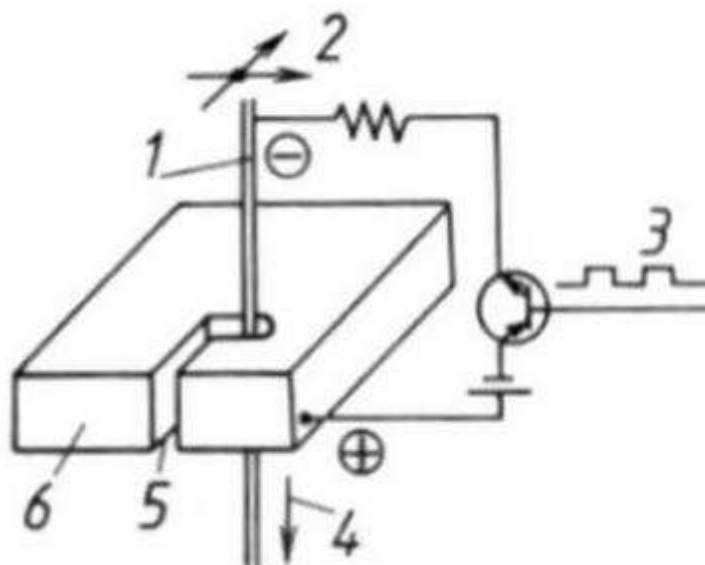
2.1.1.2 Výroba složitých tvarových povrchů

Výroba složitých tvarových povrchů se od hloubení dutin zápusťek a forem technologicky liší v provedení nástrojové elektrody a ve tvaru obráběného povrchu. Obráběný povrch je tvořen vnějším tvarem, drážkou nebo průchozí dírou. Obrábění složitých tvarových povrchů je možné při použití stroje s CNC řídicím systémem s více řízenými souřadnými osami; např. tři přímočaré posuvné pohyby ve směru tří vzájemně kolmých os a dva otáčivé pohyby, jejichž složením lze získat planetový pohyb.

2.1.1.3 Řezání drátovou elektrodou

Platí zde stejné fyzikální zákonitosti elektrické eroze jako u hloubení. Metoda umožňuje vyrábět plochy mající přímku jako tvořící křivku. Stroj pro elektroerozivní řezání drátovou elektrodou tvoří obdobné hlavní skupiny jako stroje pro hloubení. Rozdíl je v nástrojových elektrodách a v systému podávání a vedení drátové elektrody. Nástrojovou elektrodu tvoří tenký drát. Aby se předešlo jeho nadměrnému opotřebení, odvíjí se pomocí speciálního napínacího mechanismu. Drát je většinou měděný, pro větší průměry se používá mosazný a na velmi jemné řezy molybdenový o průměru 0,03 až 0,07 mm. Mezi nástrojovou elektrodou a obrobkem vznikají elektrické výboje. Nástrojová elektroda tvořená drátem je nástroj, který může odebírat materiál v každém směru a ve spojení s vhodným řídicím systémem je možné přesně obrábět i velmi složité tvary. Systém umožňuje naklopení nástrojové elektrody vzhledem ke svislé ose v rozsahu $\pm 30^\circ$. Pro zajištění automatizovaného procesu obrábění jsou moderní stroje vybaveny automatickým vrtáním díry pro zavedení drátu, automatickým zavedením drátu na počátku práce do

vyvrtané díry a adaptivním řízením. Automatického provozu bez obsluhy se dosahuje po dobu až 80 hodin.



Obr. 7.. Princip elektroerozivního řezání drátovou elektrodou

1 – drátová elektroda, 2 – CNC řídicí systém, 3 – generátor,
4 – směr posuvu elektrody, 5 – vyřezaná
drážka, 6 – obrobek

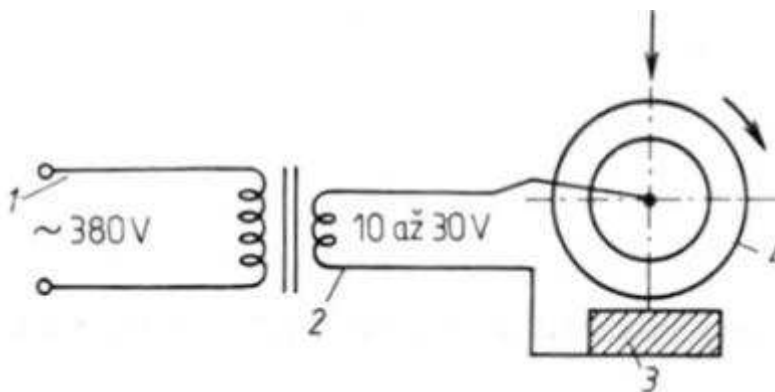
2.1.1.4 Leštění povrchů

U forem, u kterých je požadována jakost obrobeného povrchu $Ra = 0,2$, byla vyvinuta speciální metoda elektroerozivního leštění. Používají se pulzy o nízké energii a velmi krátké době trvání (3 až 5 s). Nástrojové elektrody mají leštěný povrch a při práci konají orbitální pohyb. Pro dosažení lesklého povrchu lze hospodárně leštit plochu do 100 cm^2 . Tato metoda je však velice časově náročná (až stovky hodin).

2.1.1.5 Výroba mikrootvorů

Při použití speciálních strojů s generátory pulzů o malé energii a krátké době trvání (3 až 5 s) je možné vrtat kruhové i nekruhové otvory malých rozměrů 0,02 až 5 mm do hloubky až 100 mm. Stroj je vybaven přípravkem pro přesné vedení elektrody a optickým zařízením pro polohování nástroje. Nástrojové elektrody jsou z wolframového drátu. Nástrojová elektroda koná kmitavý pohyb, aby bylo zajištěno dobré vyplachování.

Dosahované parametry: přesnost otvoru závisí na přesnosti nástrojové elektrody a na přesnosti stroje; jakost opracovaného povrchu $R_a = 0,08$ až $0,5$.



Obr. 8 Schéma stroje pro výrobu mikrootvorů elektroerozivní technologií

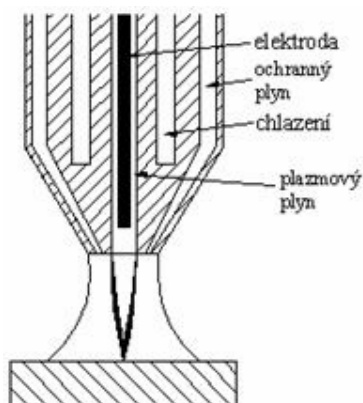
- 1 – elektroerozivní stroj, 2 – ultrazvukový generátor, 3 – řídicí systém stroje,
4 – dielektrikum, 5 – obrobek, 6 – nástrojová elektroda, 7 – generátor pulzů,
8 – převodník elektrických kmitů na mechanické

2.1.2 Obrábění paprskem plazmy

Používá se pro výrobu děr, zápustek, drážek a závitů do velmi tvrdých materiálů. Obrábí se pomocí plazmové pistole s wolframovou elektrodou. Paprsek plazmy vystupuje z hořáku vysokou teplotou. Plazma je vodivý stav plynu, který obsahuje volné elektrony a má vysokou teplotu ($30\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$). Vysokou teplotou plazmy dojde k natavení a vypaření částic materiálu obrobku.

Výhody řezání :

- Provoz jednoho a více hořáků podle série
- Řezání všech elektricky vodivých materiálů
- Vynikající schopnost řezání u slabých a středních tloušťek konstrukční oceli (do 30mm)
- Řezání vysoce pevné konstrukční oceli s menším tepelným příkonem
- Libovolné zpracování kvalitního řezu u středních a silných rozměrů plechů s technologií vířivého plynu ve spojení s technickými plyny
- Velmi dobrá automatizace



Obr.9. Princip obrábění paprskem plazmy

2.1.3 Obrábění paprskem laseru

Používá se pro výrobu velmi malých děr a pro řezání. Laser je kvantový zesilovač světla (kvantový = laser má velké množství fotonů). Zdrojem tepla je koherentní (spojité) monochromatické (jedné vlnové délky) záření. Lasery mohou být krystalové (rubínové), nebo plynové (směs plynů $\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2$). Xenonová výbojka osvětí rubínovou tyčinku, kde se začnou uvolňovat fotony, které projdou polopropustným zrcadlem a optickou soustavou je paprsek usměrněn na materiál do malého místa, kde se po dopadu změní velká kinetická energie fotonů na tepelnou. Působením laserového paprsku dochází k místnímu ohřevu na teplotu 10^4°C a tím dojde k natavení a poté k vypaření.

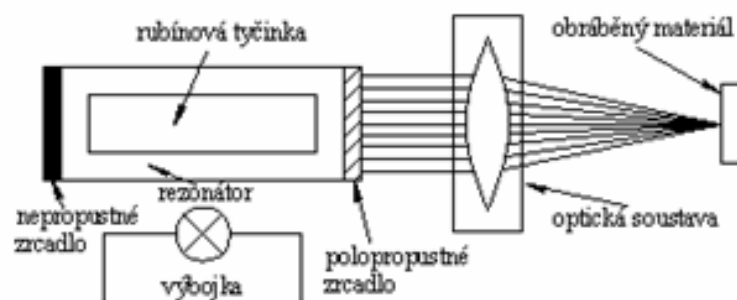
Výhody řezání :

- Vysoká přesnost řezaných dílů u slabých a středních tloušťek materiálu
- Řezání velmi malých otvorů, úzkých pásků, ostroúhlých tvarů; výroba
- komplexních obrysových dílů
- Pravoúhlá řezná hrana
- Velmi malé přivedené teplo, žádné deformace obráběného předmětu
- Velmi malá šířka řezné spáry (0,2 - 0,4 mm)
- Vysoká řezná rychlost u tenkých materiálu

Nevýhody řezání :

- Vysoké investiční a provozní náklady (vysoká spotřeba plynů)
- U středně tlustých materiálu žádná přímá hladká řezná plocha
- Nutné přesné řízení vzdálenosti k povrchu obrobku
- Omezení stability paprsku u řezání konstrukční oceli s obsahem Si a P
- Snížení stability procesu u řezání lesknoucích se povrchů materiálu

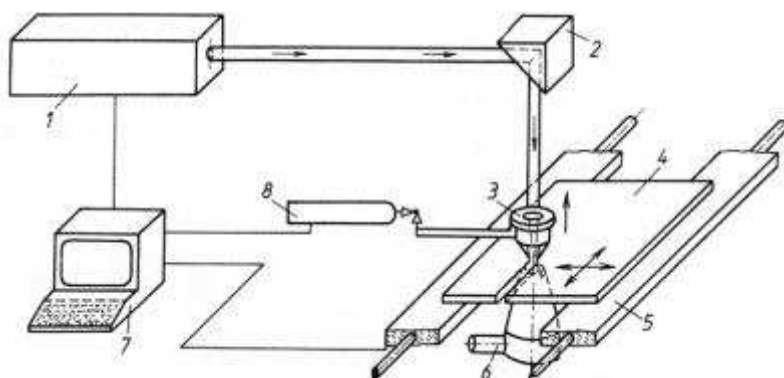
- Menší účinnost (CO₂-laser max. 10%)



Obr.10. Princip obrábění paprskem laseru



Obr. 11. Pohled do pracovního prostoru laserového řezacího pracoviště



Obr. 12 Schéma zařízení pro řezání laserem

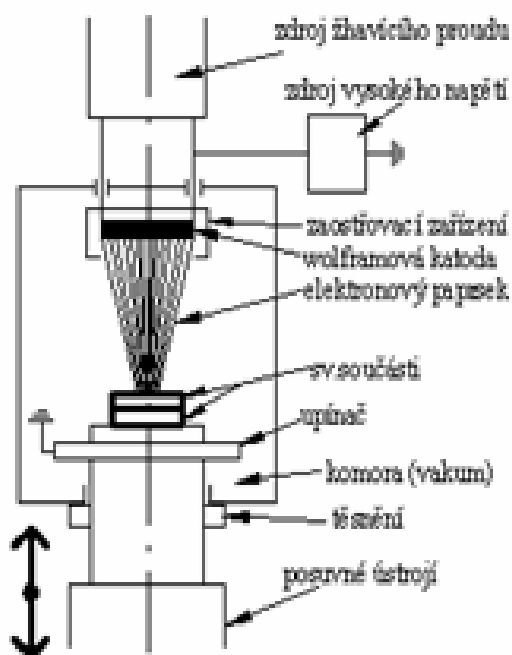
- 1 - laser, 2 - zrcadlo, 3 - pracovní řezací hlava, 4 - obrobek, 5 - pracovní stůl stroje,
6 - odsávání zplodin, 7 - CNC řídicí systém



Obr. 13. Zařízení pro řezání laserem

2.1.4 Obrábění paprskem elektronů

Používá se pro výrobu velmi malých děr (0,1-0,8 mm), zhotovovat drážky. Zařízení je umístěno ve vakuové komoře z korozi-vzdorné oceli. Zdrojem svazku elektronů je wolframová katoda. Uvolněné elektrony jsou urychlovány napětím mezi anodou a katodou, poté prochází otvorem v anodě. Elektromagnetickými čočkami je paprsek usměrňován na materiál kde se po dopadu změní velká kinetická energie elektronů na tepelnou a tím dojde k natavení a poté k vypaření. Pracuje se ve vakuu, aby elektrony nezabrzdovaly částice O_2



Obr. 14. princip obrábění paprskem elektronů

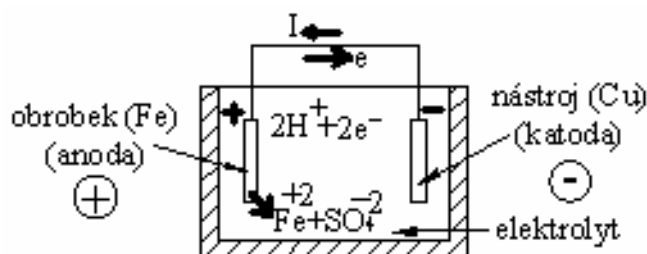
2.2 Oddělování materiálu elektrochemickým nebo chemickým účinkem:

2.2.1 Elektrochemické obrábění

Úběr materiálu je založen na elektrolytickém rozpouštění kovů. Obrobek je zapojený na anodu a nástroj na katodu. Aniony elektrolytu jdou směrem k anodě a narážejí na kationy anody. Materiál nástroje může být libovolný kov (nejčastěji se používá ocel a měď). Při vysoké hustotě povrchu se na obrobku vytvoří vrstva oxidů a solí (pasivní vrstva). Pasivní vrstva zabraňuje dalšímu rozpouštění obrobku. Aby se tomuto usazování zabránilo, musí elektrolyt proudit, nebo se musí otáčet nástroj. Vyrábí se složité tvarové součástky a obrábí se materiály s vysokou tvrdostí a pevností. Touto metodou lze frézovat, vrtat, brousit i řezat.

Existují 3 metody tohoto obrábění:

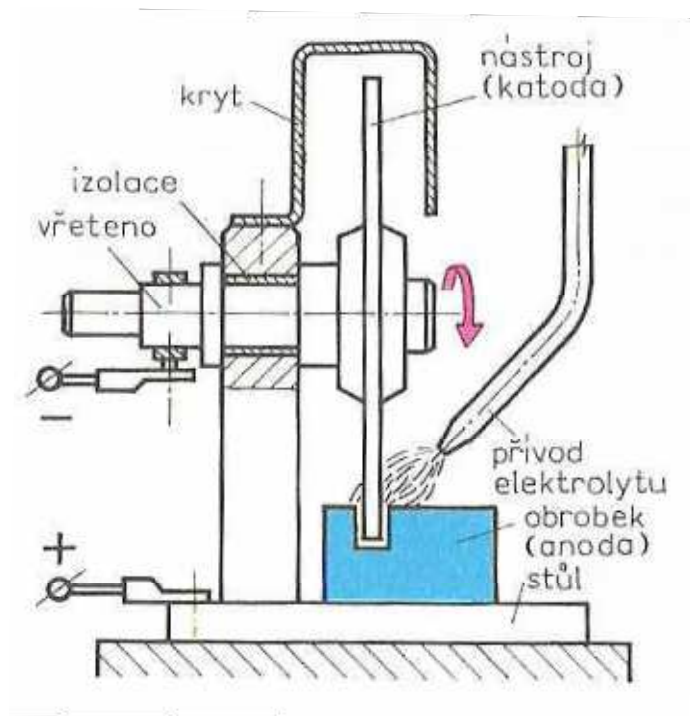
- rotující elektrodou
- v proudícím elektrolytu
- leštění



Obr.15. Princip elektrochemického obrábění

2.2.1.1 Elektrochemické obrábění rotující elektrodou

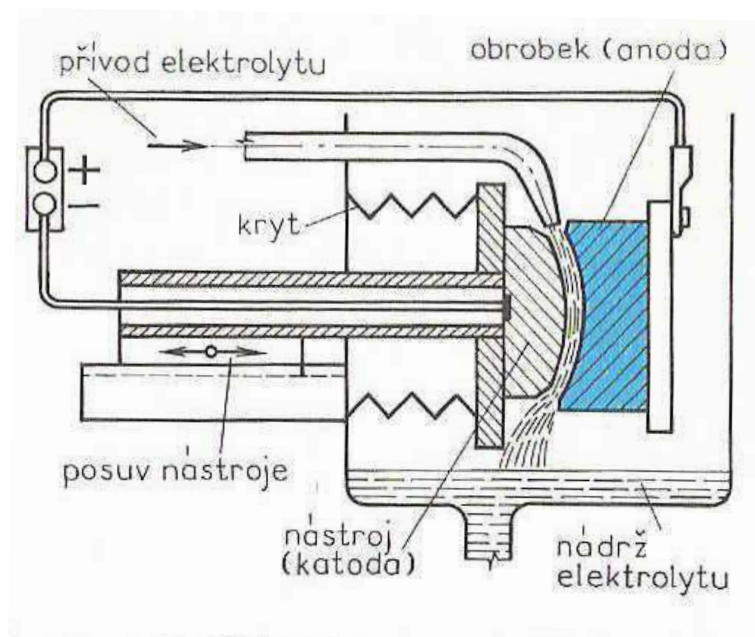
U tohoto způsobu se používá proud o hustotě 50 až 200 A.cm.⁻² Pasivní vrstvička z obrobku (anody) se soustavně odstraňuje otáčejícím se nástrojem (katodou), mezi něž se přivádí proud elektrolytu s rozptýleným brusivem. Obvodová rychlost nástroje je 20 až 30 m.s⁻¹. Tento způsob obrábění je vhodný pro broušení nástrojů s břitovými destičkami ze slinutých karbidů, k výrobě drážek, tvarů i k rozřezávání tvrdých materiálů.



Obr. 16 Elektrochemické obrábění rotující elektrodou

2.2.1.2 Elektrochemické obrábění proudícím elektrolytem

K obrábění je opět použito vysoké hustoty proudu, avšak k odstraňování pasivní vrstvičky se používá elektrolytu proudícího mezi elektrodami. Rychlost proudění elektrolytu musí být asi 30 m.s^{-1} a mezera mezi elektrodami 0,12 až 0,75 mm. Tého metody se s výhodou používá pro tvarové obrábění. Využívá se poznatku, že hustota proudu a tím i intenzita odběru materiálu je největší v místech, kde jsou elektrody nejbližší. Proto se tvar anody kopíruje podle tvaru katody.



Obr. 17 Elektrochemické obrábění proudícím elektrolytem

2.2.1.3 Elektrochemické leštění

Podstatou je anodické rozpouštění povrchu obrobku. Pracuje se při malé hustotě proudu $0,02$ až $0,75 \text{ A.cm}^{-2}$ a napětí 6 až 12 V . Jako elektrolytu se používá směsi kyseliny H_2SO_4 s H_3PO_4 . Vlivem nerovnosti povrchu dochází k intenzivnějšímu rozpouštění materiálu na vrcholcích nerovností, a povrchové plochy se vyhlazují. Celkově je odběr materiálu nepatrný. Používá se pro leštění drobných, členitých součástí s těžko přístupnými vnitřními tvary.

2.2.2 Chemické obrábění

Podstatou je řízené odleptávání vrstev materiálu o tloušťce od několika setin do několika mm z povrchu obráběné součásti. Odleptávání je založeno na chemická reakci obráběného povrchu s pracovním prostředím. Na místy, která nemají být obráběna je nanášen před obráběním speciální povlak.

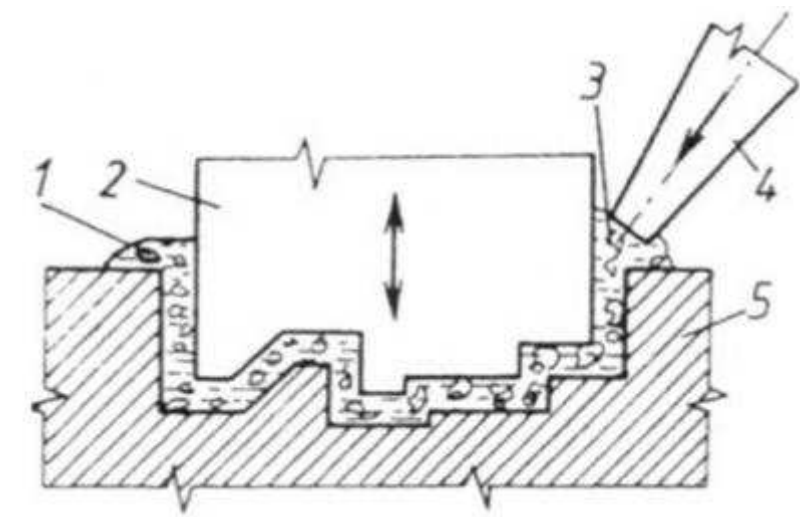
V praxi existují dvě metody:

- chemické prostřihování – pro zhotovování tenkých a složitých výlisků z plechu nebo z fólie.
- Chemické leptání – nazýváno také chemické frézování, tvar je na obrobek přenášen pomocí šablon.

2.3 Oddělování materiálu mechanickým účinkem

2.3.1 Obrábění ultrazvukem

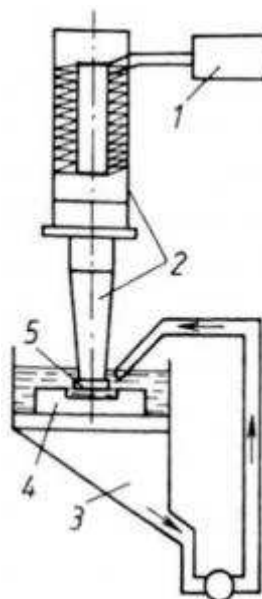
Obrábění ultrazvukem je řízené rozrušování materiálu obrobku účinkem pohybu zrn abrazivního materiálu a působením kavitační eroze. Je založeno na mechanickém úběru materiálu. Zrna abrazivního materiálu jsou přiváděna mezi obráběný povrch a nástroj, který kmitá kolmo k obráběnému povrchu kmitů o frekvenci 18 až 25 kHz. Zrna jsou nástrojem přitlačována řízenou stálou silou na obráběný povrch, čímž dochází k překopírování tvaru činné části nástroje do obrobku. Nástroj může vykonávat ještě přímočarý posuvný pohyb nebo kombinací obou pohybů.



Obr. 18 Princip metody pro obrábění ultrazvukem

1 – kapalina, 2 – nástroj, 3 – brousící zrna,
4 – přívod brousících zrn a kapaliny, 5 – obrobek

Zařízení je tvořeno těmito hlavními skupinami :



Obr. 19 Zařízení pro obrábění ultrazvukem a) schéma zařízení,

- 1 – generátor ultrazvukových kmitů, 2 – systém pro vytvoření mechanických kmitů,
3 – přívod brousicích zrn a kapaliny, 4 – obrobek, 5 – nástroj

generátor ultrazvukových kmitů , tj. elektronické zařízení, které mění střídavý elektrický proud o frekvenci 50 Hz na proud o frekvenci 18 až 25 kHz. Základní charakteristikou generátoru je výstupní výkon, který bývá v rozmezí 0,2 až 4 kW; systém pro vytvoření mechanických kmitů , který mění elektromagnetické kmity na mechanické. Využívá se tzv. magnetostrikce, což je vlastnost feromagnetických materiálů měnit při vložení do magnetického pole své rozměry; systém pro přívod brousicích zrn, který řídí přívod brousicích zrn a kapaliny do pracovní mezery, která je mezi nástrojem a obráběnou plochou. Jako kapalina se používá voda, petrolej, lín nebo strojní olej. Systém musí zaručit dokonalý přívod nových zrn a odvod opotřebovaných zrn do a z pracovní mezery. Svým kavitačním účinkem zvyšuje kapalina intenzitu úběru materiálu a podle své viskozity tlumí pohyb kmitajících zrn. Používají se brousicí zrna z diamantu, kubického nitridu boru (KNB), karbidu boru, karbidu křemíku (SiC) a kysličníku hlinitého (Al_2O_3). Koncentrace zrn v kapalině bývá 30 až 40 %. Zrna se při obrábění opotřebovávají, proto je nutné zajistit jejich dokonalou výměnu.



Obr. 20 Stroj pro řezání ultrazvukem



Obr. 21 Pohled do pracovního prostoru stroje pro řezání ultrazvukem

Technologie obrábění ultrazvukem je vhodná pro:

- řezání – používá se pro řezání tyčí křemene, rubínu a dalších tvrdých materiálů o tloušťce do 5 mm, tloušťka nástroje je 0,1 až 0,8 mm
- hloubení průchozích otvorů – nástroj má tvar trubky, tloušťka obrobku je maximálně 8 až 10 mm
- hloubení dutin – používá se zejména při obrábění skla a keramiky, probíhá při vertikálním posuvu nástroje, maximální průměr nástroje 120 mm, maximální hloubka dutiny 4 až 6 mm
- broušení rovinných ploch – obvykle se realizuje na upravených rovinných bruskách. Broušící kotouč, který mívá kuželovitý tvar, vykonává rotační pohyb a je rozkmitáván ultrazvukovým generátorem. Úběr materiálu je realizován buď jako broušení s volným brusivem (nástroj z měkké konstrukční oceli) nebo broušení s vázaným brusivem (nástrojem je diamantový kotouč s kovovou vazbou), lze obrábět elektricky vodivé i nevodivé materiály sklo, křemík, ferity, germanium, keramické materiály, grafit, slinuté karbidy, kalené oceli, polodrahokamy, apod., plastické materiály jsou touto technologií neobrobitelné, nevýhodou je abrazivní účinek zrn, které působí nejen na obrobek, ale i na nástroj

2.3.2 Obrábění vodním paprskem

Podstatou této metody dělení materiálů je obrušování děleného materiálu tlakem vodního paprsku. Pracovní tlak vody se pohybuje kolem 400 MPa. Tlakovým zdrojem jsou speciální vysokotlaká čerpadla, která se liší příkonem (9 - 75kW) a průtokem vody (1,2 - 7,6 l/min) Paprsek vzniká v řezací hlavě zakončené tryskou. Při zpracování měkkých materiálů používáme čistý vodní paprsek (Obr. 23), pro ostatní případy je třeba použít abrazivní paprsek (Obr. 22). Vhodnou příměsí je přírodní olivín nebo granát - abrazivo zvolené dle tvrdosti řezaného materiálu. Pohyb řezací hlavy a tedy celá dráha řezu je řízena počítačem dle předem sestaveného programu. Je možné provádět i tvarově složité řezy během jedné operace. Standardní přesnost výřezu je $\pm 0,2\text{mm/m}$. Dělený materiál není silově namáhán. Řezná hrana není nijak tepelně ovlivněna, vždy se jedná o studený řez. Po provedení řezu se směs vody a abraziva zachycuje v lapači (vaně), umístěné pod řezaným materiálem. Metoda využívá účinku tenkého vysokotlakého vodního paprsku, kterým můžeme obrábět jakýkoliv technický materiál. Vodní paprsek může mít tlak až 500MPa

(pro srovnání tlak ve vodním potrubí je 0,5 až 0,7MPa, požárníci používají tlak kolem 1MPa)

Výhody:

- Řezání vodním paprskem probíhá bez dotyku nástroje a materiálu.
- Nedochází k tepelnému namáhání materiálu a ke vzniku vnitřního pnutí.
- Vodní paprsek vyvozuje minimální boční síly.
- Řezy lze provádět v těsné blízkosti hrany materiálu a minimalizovat tak odpad.
- Nedochází ke vzniku mikrotrhlin v okolí řezu.
- Řezání vodním paprskem nezpůsobuje vznik polétavého prachu z děleného materiálu.
- Abrazivní paprsek řeže i velmi těžce obrobitelné materiály s výslednou kvalitní hranou.
- Vodním paprskem lze řezat i materiály měkké a lepkavé nebo drobčité a křehké.
- Lze provádět kvalitní řezy vrstvených materiálů o různých fyzikálně-chemických vlastnostech.
- Nedochází k chemickému ovlivnění řezaného materiálu.
- Nevznikají žádné škodlivé plyny nebo páry.
- Výsledkem je kvalitní řez bez otřepů.
- Řezná hrana obvykle již nevyžaduje další opracování.
- Je dosahována vysoká přesnost řezu.

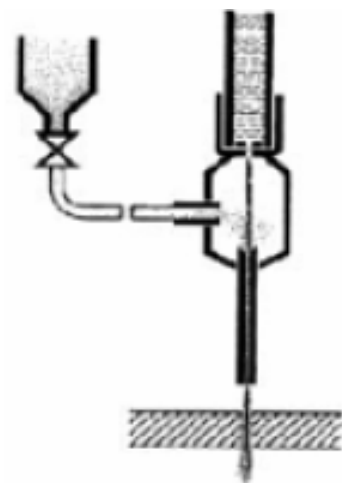
Nevýhody:

- Nevyhnutelný kontakt s vodou a většinou i s abrazivním materiálem (bez okamžitého vhodného ošetření rychlý nástup koroze, nasákavých materiálů delší vysoušení, možnost změny barvy)
- Omezená možnost výroby hodně malých dílců (cca pod 3 – 5 cm)
- Při horších kvalitativních stupních řezu u silnějších materiálů dochází k deformaci kontury řezu ve spodní hraně vlivem tzv. výběhu paprsku.

Můžeme řezat tyto materiály:

specializujeme se na řezání ocelí, hlavně nerezových, i větší tloušťky slitiny hliníku, mědi, sklo, plexisklo, sklolaminát, dlažby, mramor, žula, kamenné materiály (pro

stavebnictví), plasty, pryže, kompozity libovolného typu, dřevo, dřevotřísky, překližky, reklamní materiály – řezání písem a log (pro reklamní agentury)



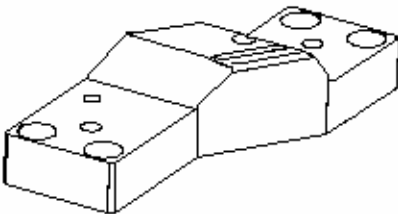
*Obr. 22 Řezání vodním paprskem
s abrazivem*



*Obr.23 Řezání vodním paprskem
bez abraziva*

3. Návrh technologie obrábění vybrané součásti

3.1 Technologický postup - řezání na elektroerozivní drátové řezačce ROBOFIL 510 P Charmilles

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka
číslo operace	název operace	materiál	stroj
10	žihání	19436 blok řezaný 41x85x165	kooperace
<p>popis operace</p> <p>Cílem tohoto postupu je odstranit nebo alespoň snížit vnitřní pnutí uvnitř materiálu, které vzniklo jako důsledek předchozího zpracování (tváření, svařování, obrábění, nerovnoměrného chladnutí po odlití). Teplota ohřevu je 500 až 650 °C, výdrž 4-6 hodin, pomalé dochlazování v peci na 250-300, dochlazení na vzduchu. Ohřevem dojde ke snížení meze kluzu materiálu natolik, že vnitřní pnutí vyvolá místní plastickou deformaci krystalů a tím jejich uvolnění.</p> 			

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:		
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka		
číslo operace	název operace	materiál	stroj		
20	hrubování tvaru	19436 blok řezaný 41x85x165	fréza FA3		
popis operace					
úhlovat na rozměr 36+0,35+0,4 x 80+0,2 x 160 srazit hrany 2x45°, odjehlit					
nástroje					
čelní frézovací hlava s vyměnitelnými břitovými destičkami Ø 160 mm					
řezné podmínky					
n	224	[min ⁻¹]	f	200	[mm]
v _c	112	[m.min ⁻¹]	a _p	2	[mm]
měřidla					
posuvné měřidlo					
výrobní podmínky					
doba přípravy: 15 min			doba výroby součásti: 45 min		

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:		
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka		
číslo operace	název operace	materiál	stroj		
30	frézování	19436 blok řezaný 41x85x165	fréza FH 25/32		
popis operace frézovat 2x vybrání na rozměr 21+0,2 , úkos 30°a 45° hotově frézovat vybrání na rozměr 61,5 a úkos na rozměr 52,9 hotově srazit hrany 2x 45°, odjehlit					
nástroje čelní frézovací hlava s vyměnitelnými břitovými destičkami Ø 100 mm					
řezné podmínky					
n	224	[min ⁻¹]	f	160	[mm]
v _c	70	[m.min ⁻¹]	a _p	3	[mm]
měřidla posuvné měřidlo					
výrobní podmínky					
doba přípravy: 15 min		doba výroby součástí: 75 min			

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka
číslo operace	název operace	materiál	stroj
40	VRTAT	19436 blok řezaný 41x85x165	SIPKA souřadnicová vyvrtávačka
popis operace vrtat 4x Ø8,4/Ø15, vrtat startovací otvory :1x proØ6,5H7, 2 xpro Ø8H7 1x pro Ø9, 1 x pro Ø2 pro tvarový otvor, srazit hrany			
nástroje dle průměru navrtávák			

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka
číslo operace	název operace	materiál	stroj
50	kalírna	19436 blok řezaný 41x85x165	kooperace
<p>popis operace</p> <p>popustit a kalit na 58 - 60 HRC</p>			

Název dílu:		číslo výkresu		vypracovala:	
STŘIŽNICE		366006		Kudláčková Lenka	
číslo operace	název operace	materiál		stroj	
60	broušení	19436 blok řezaný 41x85x165		BR 20 bruska na plocho	
<p>popis operace</p> <p>brousit rozměr 36+/- 0,02 a do úhlu pravý bok rozměru 80 (aby se zaručila roznoběžnost a kolmost)</p>					
<p>nástroje</p> <p>brusný kotouč s pryskyřičnou vazbou</p>					
řezné podmínky					
n	35	[m.s ⁻¹]	f	0,5	[mm]
v _c	4	[m.min ⁻¹]	a _p		[mm]
měřidla					
posuvné měřidlo		drsnoměr			
výrobní podmínky					
doba přípravy: 15 min			doba výroby součásti: 60 min		

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka
číslo operace	název operace	materiál	stroj
70	řezání	19436 blok řezaný 41x85x165	elektroerozivní drátová řezačka Robofil 510 P Charmilles
popis operace řerat tvarový střižní otvor včetně úkosu 1° po obvodě řezat 1x Ø6,5H7, 2 x Ø8H7, 1x Ø9 + 0,05-0 řezat vybrání 27,1 a 18,48 včetně úkosů hotově			
nástroje mosazný drát průměr 0,25 mm			
řezné podmínky řezat 1x proØ6,5H7, 2 xpro Ø8H7, 1x pro Ø9 + 0,05-0: <div><div>Hrubovat generátorem E25mm/min</div><div>Hrubovat čistě generátorem E76,7mm/min</div><div>Dokončit rozměr generátorem E1010mm/min</div></div> Řezání úkosu 1°: <div><div>Hrubovat generátorem E22,5mm/min</div><div>Hrubovat čistě generátorem E73,6mm/min</div></div>			
výrobní podmínky			
doba přípravy: 20 min		doba výroby součásti: 300 min	

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka
číslo operace	název operace	materiál	stroj
80	nástrojař	19436 blok řezaný 41x85x165	ručně
popis operace odjehlit mimo střižné hrany, vyčistit drážku, otvory označit číslo výkresu + pozice elektrickým popisovačem			
nástroje závitník pilník			
měřidla posuvné měřidlo			
výrobní podmínky			
doba přípravy: min		doba výroby součástí: 20 min	

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka
číslo operace	název operace	materiál	stroj
90	kontrola	19436 blok řezaný 41x85x165	ručně
popis operace kontrola kompletnosti a správnosti dílce			
nástroje			
měřidla posuvné měřidlo, závitové kalibry			
výrobní podmínky			
doba přípravy: min		doba výroby součásti: 20 min	

3.2 Technologický postup - hloubení na elektroerozivní hloubičce ROBOFORM 50

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka
číslo operace	název operace	materiál	stroj
10	žihání	19436 blok řezaný 41x85x165	kooperace
<p>popis operace</p> <p>Cílem tohoto postupu je odstranit nebo alespoň snížit vnitřní pnutí uvnitř materiálu, které vzniklo jako důsledek předchozího zpracování (tváření, svařování, obrábění, nerovnoměrného chladnutí po odlití). Teplota ohřevu je 500 až 650 °C, výdrž 4-6 hod., pomalé dochlazování v peci na 250-300°C, dochlazení na vzduchu. Ohřevem dojde ke snížení meze kluzu materiálu natolik, že vnitřní pnutí vyvolá místní plastickou deformaci krystalů a tím jejich uvolnění.</p>			

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:		
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka		
číslo operace	název operace	materiál	stroj		
20	hrubování tvaru	19436 blok řezaný 41x85x165	fréza FA3		
popis operace úhlovat na rozměr 36+0,35+0,4 x 80+0,2 x 160 srazit hrany 2x45°, odjehlit					
nástroje čelní frézovací hlava s vyměnitelnými břitovými destičkami Ø 160 mm					
řezné podmínky					
n	224	[min ⁻¹]	f	200	[mm]
v _c	112	[m.min ⁻¹]	a _p	2	[mm]
měřidla posuvné měřidlo					
výrobní podmínky					
doba přípravy: 15 min		doba výroby součásti: 45 min			

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:		
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka		
číslo operace	název operace	materiál	stroj		
30	frézování	19436 blok řezaný 41x85x165	fréza FH 25/32		
popis operace frézovat 2x vybrání na rozměr 21+0,2 , úkos 30° a 45° hotově frézovat vybrání na rozměr 61,5 a úkos na rozměr 52,9 hotově srazit hrany 2x 45°, odjehlit frézovat vybrání na rozměr 27,1 a 18,48 včetně úkosů s přídavkem 0,2 na plochu brusu					
nástroje čelní frézovací hlava s vyměnitelnými břitovými destičkami Ø 100 mm					
řezné podmínky					
n	224	[min ⁻¹]	f	160	[mm]
v _c	70	[m.min ⁻¹]	a _p	3	[mm]
měřidla posuvné měřidlo					
výrobní podmínky					
doba přípravy: 15 min			doba výroby součástí: 75 min		

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:	
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka	
číslo operace	název operace	materiál	stroj	
40	frézování	19436 blok řezaný 41x85x165	fréza PICOMAX	
popis operace frézovat tvar elektrody pro výrobu střížného otvoru a úkosu pro op.80 hloubení				
nástroje frézka stopková frézka kulová				
řezné podmínky frézka stopková				
n	4200	[min ⁻¹]	f	850 [mm]
v _c	30	[m.min ⁻¹]	a _p	2 [mm]
řezné podmínky kulová				
n	4700	[min ⁻¹]	f	1100 [mm]
v _c	35	[m.min ⁻¹]	a _p	2 [mm]
měřidla posuvné měřidlo				
výrobní podmínky				
doba přípravy: 15 min		doba výroby součásti: 45 min		

Název dílu:		číslo výkresu		vypracovala:	
STŘIŽNICE		366006		Kudláčková Lenka	
číslo operace	název operace	materiál		stroj	
50	VRTAT	19436 blok řezaný 41x85x165		SIPKA souřadnicová vyvrtávačka	
popis operace vrtat 4x Ø8,4/Ø15					
nástroje dle průměru vrták					
řezné podmínky vrtáku					
n	1100	[min ⁻¹]	f	66	[mm]
v _c	30	[m.min ⁻¹]	a _p		[mm]
měřidla závitový kalibr dle průměru					
výrobní podmínky					
doba přípravy: 15 min		doba výroby součásti: 60 min			

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka
číslo operace	název operace	materiál	stroj
60	kalírna	19436 blok řezaný 41x85x165	kooperace
<p>popis operace</p> <p>popustit a kalit na 58 - 60 HRC</p>			

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:		
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka		
číslo operace	název operace	materiál	stroj		
70	broušení	19436	BR 20		
		blok řezaný 41x85x165	bruska na plocho		
popis operace					
brousit rozměr 36+/- 0,02 , brousit rozměr 21					
brousit vybrání a úkosy hotově na rozměr 27,1 a 18,48					
nástroje					
brusný kotouč s pryskyřičnou vazbou					
řezné podmínky					
n	35	[m.s ⁻¹]	f	0,5	[mm]
v _c	4	[m.min ⁻¹]	a _p		[mm]
měřidla					
posuvné měřidlo		drsnoměr			
výrobní podmínky					
doba přípravy: 15 min		doba výroby součásti: 60 min			

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka
číslo operace	název operace	materiál	stroj
80	hloubení	19436 blok řezaný 41x85x165	elektroerozivní hloubička ROBOFORM 50
popis operace hloubit hotově střížný otvor (rozměr 4,21x22, drážku na rozměr 23,14 a z druhé strany úkos 1°) kalibrovat otvory Ø6,5H7, 2 x Ø8H7,1x pro Ø9			
nástroje nástrojová elektroda zhotovená na op.40 elektrody - trubičky - průměry dle hloubených děr			
řezné podmínky dle nastaveného programu pro hloubení			
výrobní podmínky			
doba přípravy: 45 min		doba výroby součásti: 720 min	

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka
číslo operace	název operace	materiál	stroj
90	nástrojař	19436 blok řezaný 41x85x165	ručně
popis operace odjehlit mimo střížné hrany, vyčistit drážku, otvory označit číslo výkresu + pozice elektrickým popisovačem			
nástroje závitník pilník			
měřidla posuvné měřidlo			
výrobní podmínky			
doba přípravy: min		doba výroby součástí: 20 min	

Název dílu:		číslo výkresu	vypracovala:
STŘIŽNICE		366006	Kudláčková Lenka
číslo operace	název operace	materiál	stroj
100	kontrola	19436 blok řezaný 41x85x165	ručně
popis operace kontrola kompletnosti a správnosti dílce			
nástroje			
měřidla posuvné měřidlo, závitové kalibry			
výrobní podmínky			
doba přípravy: min		doba výroby součásti: 20 min	

4. Diskuze experimentu

Pro výrobu střížnice bylo zapotřebí použít jak konvenční , tak nekonvenční metody obrábění (viz.zvolený technologický postup). Kombinací těchto metod jsem vypracovala technologický postup, který je jak po ekonomickém zhodnocení, tak po technickém zhodnocení plně vyhovující pro výrobu nejnákladnější části střížného nástroje – střížnice. Nástroj musí vyroben menším počtem operací s kratší dobou výroby. Tomuto požadavku plně vyhovuje zvolená technologie pomocí drátové elektroerozivní řezačky.

4.1 Použité strojní technologie

4.1.1 Robofil 510 P Charmilles - elektroerozivní drátová řezačka

Střížný otvor vyžaduje precizní opracování a při výrobě musí být dodržena tvarová a rozměrová přesnost . Střížný otvor, děrující a pomocné otvory mají být rozděleny tak, aby žádný okraj střížnice nebyl zvlášť zeslaben. Pro dodržení této rozměrové a tvarové náročnosti plně vyhovuje zvolený stroj.



Obr.24 Robofil 510 P Charmilles - elektroerozivní drátová řezačka

Tabulka č. 1 – Technické údaje elektroerozivní drátové řezačky

Výrobce	Charmilles Technologies - Švýcarsko
Max. rozměr výrobku	1200 x 700 mm
Max. výška	400 mm
Hmotnost obrobku	do 1000 kg
Pojezdy os	
X	700 mm
Y	400 mm
Z	400 mm
Naklonění svislé osy	30°
Průměr drátu	0,25 mm
Min. rádius	0,20 mm
Přesnost do výšky řezu 150 mm	+/-0,01 při Ra 0,8
	+/- 0,02 při Ra 2

Elektroeroze drátem vyřezává pomocí mosazného drátu do obrobku naprogramovanou konturu. Drát lze naklonit a tímto způsobem lze vytvářet obrobky s kónusy nebo s různými profily na vrchní a spodní straně. Řezat lze prakticky jakýkoliv kovový elektrovedivý materiál. V programu je stanovená dráha řezu. Připravený díl ustavíme a vyrovnáme do držáku na najížděcí body, navlečeme mosazný drát o průměru 0,25 mm, k chlazení používáme vodu. Elektroda tvořena mosazným drátem o průměru 0,25 mm, pohybuje se plynule přímočaře. Pracovní prostředí kolem obou elektrod, tj. nástroje a obrobku, ve kterém probíhá výboj, nazýváme dielektrikum, v našem případě je tvořeno destilovanou vodou.

Stroj pro **elektroerozivní řezání** a vyřezávání je vybaven zařízením pro automatické zavádění drátu do takzvaných startovacích děr. Systém vedení drátu je uložen ve výkyvné hlavě, která umožňuje řezat šikmé nebo kuželové plochy až pod úhlem +/-30°. Pracovní podmínky jsou nastavitelné ve stupních od režimu pro výkonné řezání, až do režimu pro dokončovací řezání. Stále stejnou kvalitu opracované plochy zaručuje optimalizační procesor, který řídí a nastavuje parametry elektroeroze podle okamžitých podmínek

v místě řezání. Používané řídicí systémy jsou schopny ovládat tři osy, což v kombinaci s naklápěcí hlavou umožňuje vyřezávat i velmi složité tvary.

Při použití této metody se velikost úběru materiálu - tedy rychlost řezání - a jakost povrchu opracované plochy závisí na fyzikálních parametrech procesu, na napětí a intenzitě elektrického proudu, na době po kterou výboj probíhá, na počtu výbojů za sekundu, na teplotě tavení a na tepelné vodivosti materiálu obrobku a na pracovním prostředí, ve kterém řezání probíhá.

Elektroerozivní řezání se dá využít všude tam, kde je zapotřebí dodržet tvarovou a rozměrovou přesnost. Při drátovém řezání musí být tvar průchozí! Drátové řezací stroje se využívají především při kusové výrobě v nástrojárnách.

4.1.2 Konvenční metody obrábění: frézování, broušení a vrtání

Při výrobě střížnice byli dle zvoleného technologického postupu použity i konvenční metody obrábění: frézování, broušení a vrtání. Pro navržení tohoto technologického postupu jsem musela určit vhodné řezné podmínky těchto konvenčních technologií. Volba vhodných řezných podmínek je závislá na metodě obrábění, na typu stroje, druhu zvoleného nástroje, na druhu obráběného materiálu, na požadavcích kvality povrchu obrobku.

4.1.2.1 Řezné podmínky pro frézování

Při frézování hlavní řezný pohyb vykonává nástroj (fréza) a obrobek vykonává pohyb do řezu. Podle způsobu záběru frézy do materiálu obrobku rozlišujeme dva způsoby frézování. Frézování obvodem nástroje – obvodové frézování – osa frézy je rovnoběžná s obráběnou plochou nebo frézování čelem nástroje – čelní frézování – osa nástroje je kolmá k obráběné ploše. Dle smyslu rotace frézy vzhledem k posuvu obrobku rozeznáváme nesousledné frézování, kde smysl rotace frézy je proti směru posuvu obrobku, nebo sousledné frézování, kde smysl rotace nástroje je ve směru posuvu.

za řeznou rychlost v_c se pokládá obvodová rychlost nástroje:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n / 1000 \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

D – průměr nástroje [mm]

n – otáčky nástroje [min^{-1}]

Posuv na otáčku f_n [mm] je délka dráhy obrobku za dobu jedné otáčky nástroje.

Posuv na zub f_z [mm] je základní jednotkou posuvného pohybu. Je to délka dráhy obrobku za dobu jedné otáčky nástroje dělená počtem zubů nástroje.

$$f_n = f_z \cdot z \quad [\text{mm}]$$

z – počet zubů (břitů) nástroje [-]

Vzorec pro výpočet posuvové rychlosti v_f :

$$v_f = f_n \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \quad [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$$

n – otáčky nástroje [min^{-1}]

4.1.2.2 Řezné podmínky pro vrtání otvorů

Používám se pro zhotovení otvorů do plného materiálu. Jako nástroj se používá vrták, který koná hlavní pohyb - rotační. Ve výjimečných případech vykonává hlavní pohyb obrobek. Vedlejší pohyb je přímočarý posuvný (ve směru osy nástroje), který vykonává také nástroj. Při samotném obrábění je osa vrtáku nejčastěji kolmá k obráběné ploše.

Za řeznou rychlost v_c se pokládá obvodová rychlost nástroje:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n / 1000 \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

D – průměr nástroje [mm]

n – otáčky vrtáku [min^{-1}]

Vzorec pro výpočet posuvové rychlosti v_f :

$$v_f = f \cdot n \quad [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}]$$

n – otáčky nástroje [min^{-1}]

f – posuv nástroje za jednu otáčku

4.1.2.3 Řezné podmínky pro rovinné broušení

Používá se především pro broušení součástí na přesný geometrický tvar a rozměry. Při broušení je materiál obrobku odebírán břity brusných zrn brusného kotouče ve formě velmi malých a nepravidelných tvarů. Břity brusných zrn mají nedefinovatelnou geometrii. Nástroj při broušení rotuje a vykonává hlavní řezný pohyb. Posuv vykonává obrobek nebo nástroj. Brusné nástroje se skládají z jednotlivých brusných zrn spojených pojivem.

Vazba kotouče. Pryskyřičná – vhodná pro broušení kalených ocelí s chlazením i bez chlazení

Řezná rychlost: 30 – 40 m/s

Podélný posuv: 3-5 m/min

Příčný posuv :0,3-0,6 mm/ zdvih

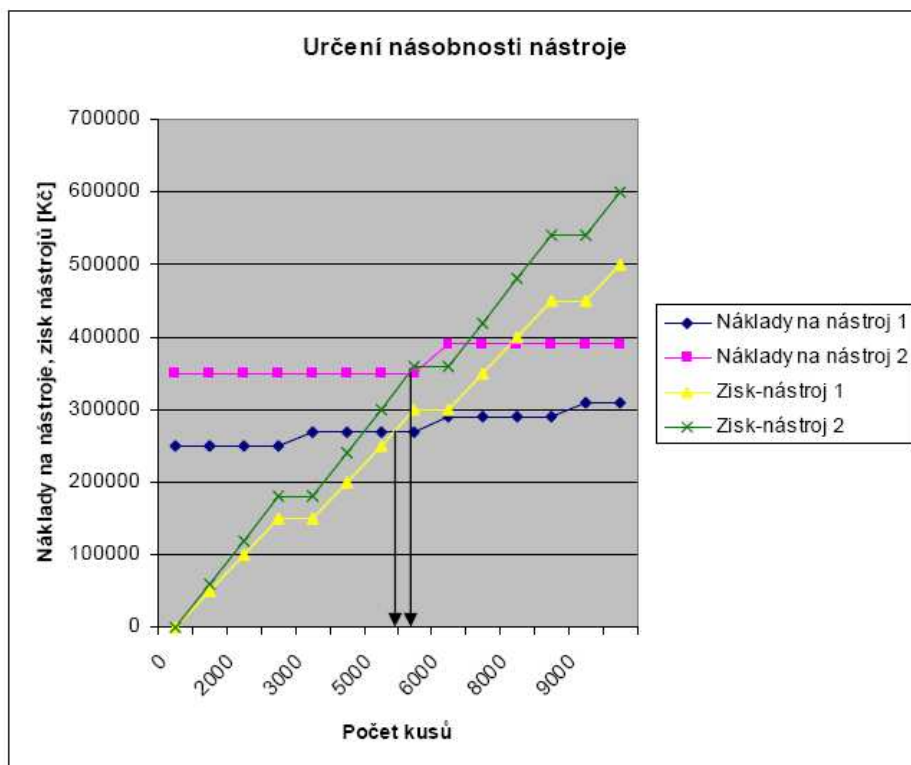
Přísuv : 0,005 -0,02 mm/ průchod

5. Technicko-ekonomické zhodnocení

5.1 Ekonomické zhodnocení

Vhodně zvolený technologický postup zvyšuje produktivitu práce a významně ovlivní i ekonomický růst. Je zaměřen na časovou posloupnost činnosti strojů a dalších výrobních zařízení potřebných ke zhotovení postupového nástroje. Již při konstrukci nástroje by konstruktér měl nástroj navrhovat tak, aby jeho výroba byla z hlediska počtu vyráběných výlisků co nejvíce ekonomická. Jedním z parametrů pro posouzení každé činnosti je stupeň jejich ekonomické účinnosti, tj. poměr hospodářského přínosu a vynaložených nákladů. Náklady na výrobu nástroje musí být v určitém poměru k požadovanému počtu kusů.

Pouze pro ilustrativní představu byl zhotoven graf (viz. graf určení násobnosti nástroje), který se často v praxi používá a dá se v něm vyčíst při jakém počtu výstřižků bude daný nástroj zaplacen. Tohoto typu analýzy se využívá v praxi především tehdy, rozhoduje-li se konstruktér s technologem, kolikanásobný nástroj bude, tj. kolik výrobků zhotoví na jeden zdvih. Počet kusů, při němž bude daný nástroj zaplacen se určí tak, že si najdeme průsečík přímky nákladů na nástroj a zisku daného nástroje. Tímto bodem proložíme přímkou rovnoběžnou s osou „Náklady na nástroje, zisk nástroje“ a po protnutí přímky „Počet kusů“ získáme hledaný počet kusů, při kterém bude nástroj zaplacen. Do grafu se většinou dává více nástrojů a porovnává se, kdy je který nástroj zaplacen a rozhodne se o výsledné násobnosti nástroje.



Při ekonomickém hodnocení střížného nástroje tohoto typu se většinou požaduje co nejvyšší životnost, při co nejnižších provozních nákladech (na údržbu a opravy). Proto musíme zvolit technologický postup výroby tohoto nástroje s co nejnižšími náklady a se zaručenou přesností rozměru. V tabulkách jsou uvedeny náklady na výrobu střížnice obou zvolených technologií. Při výpočtu jsou použity běžné hodinové sazby na stroje viz tabulka 2. a 3. k ocenění nákladů na výrobu nástrojů.

Tabulka č.2

TECHNOLOGICKÝ POSTUP S POUŽITÍM HLOUBIČKY			
Operace číslo	Název operace	Hodiny	Částka Kč
10	žihání - kooperace		180
20	hrubování - frézka	1	319
30	frézování	1,5	511,5
40	výroba elektrody	1	338
50	vrtání	1,35	421,2
60	tepelné zpracování – kooperace		120
70	broušení	1,35	460,35
80	hloubení na hloubičce	12,45	5253,90
90	nástrojař	0,35	91
100	kontrola	0,35	91
Náklady na výrobu celkem			7785,95

Tabulka č. 3

TECHNOLOGICKÝ POSTUP S POUŽITÍM DRÁTOVKY			
Operace číslo	Název operace	Hodiny	Částka Kč
10	žhánání - kooperace		180
20	hrubování - frézka	1	319
30	frézování	1,5	511,5
40	vrtání	1,5	468
50	tepelné zpracování – kooperace		120
60	broušení	1,35	460,35
70	řezání na drátovce	5,35	2257,70
80	nástrojař	0,35	91
90	kontrola	0,35	91
Náklady na výrobu celkem			4498,55

Náklady na výrobu technologickým postupem s použitím **řezání na drátovce (tab.č.3) o 3287,40 Kč levnější** než porovnávaná výroba technologickým postupem s použitím hloubičky (tab.č.2). Z ekonomického hlediska tedy volím technologii s použitím drátového řezání.

5.2 Technické zhodnocení

Při volbě vhodného technologického postupu uplatňujeme dvě hlediska.

- technologické hledisko konstrukce
- technologické hledisko obrábění

Technologické hledisko konstrukce je takové konstrukční provedení součásti, které zaručí co nejehospodárnější výrobu při splnění všech funkcí, životnosti a spolehlivosti součásti (postupového nástroje). Toto hledisko je vázáno na výrobní podmínky podniku (strojní vybavení, automatizaci) a typu výroby.

Součást navrhnout co nejjednodušší, aby bylo potřeba co nejmenšího počtu výrobních operací na výrobu součásti, volit materiál s dobrou obrobiteľností a vhodný k plnění funkce součásti, volit přesnost a drsnost součásti jen nezbytně nutnou pro funkci a montáž.

Technologické hledisko obrábění může ovlivnit mnoho požadavků a faktorů:

- součást vyrobit s co nejmenším počtem upnutí a s co nejmenším počtem výrobních operací
- zajistit tuhost upnutí (chvění zhoršuje kvalitu obráběné plochy)
- volba co nejmenších přídavků na obrábění (spotřeba materiálu, úspora obráběcích časů)
- volit materiál s dobrou obrobitelností, a vhodný k plnění funkce součásti
- obrábět jen nezbytné nutné plochy, obrábět více ploch najednou
- využít vysokých řezných rychlostí (teplo jde více do třísky a méně do obrobku)

Všem těmto požadavkům, které jsou kladeny na výrobu střížnice vyhovuje řezání na drátovce. Tento postup nám zajišťuje výrobu s co nejmenším počtem upnutí tedy i výrobních operací , což zajišťuje přesný tvar a je zaručená kvalita rozměru a povrchu.

Výroba technologickým postupem s použitím hloubičky se jeví jak časově náročnější, tak i energeticky náročná. Navíc je zatížená výrobou elektrody pro hloubení tvaru , tím **je i náročný na počet technologických operací.**

6. Závěr

Na základě výsledku ekonomického vyhodnocení určuji výrobu střížnice za použití technologie drátového elektroerozivního řezání. V porovnání s výrobní technologií za použití hloubicího stroje je výroba střížnice pro střížný nástroj o 3287,40 Kč levnější, což pro firmu zvláště v době krize není částka zanedbatelná.

Tématem diplomové práce bylo stanovení vhodného technologického postupu. Ke zdůvodnění bylo použito ekonomické hodnocení. Navíc také ukazuje a dokládá, že výběr vhodné technologií ekonomiku výrazně ovlivňuje.

Ale je třeba podotknout, že na ekonomiku mají vliv i další vlivy, např. využívání progresivních strojních technologií a modernizace stávajících strojních zařízení, které zkracují výrobní časy, šetří energii, klesá spotřeba nářadí, a zvyšuje se produktivita práce.

Stálé zlepšování technologické základny a hlavně výběr vhodné technologie umožňuje firmě SKONAS dodávat produkty se zaručením kvality, tím se stát z hlediska zákazníka nejvhodnějším dodavatelem, z hlediska firmy poskytnout největší návratnost v průmyslovém odvětví a z hlediska veřejnosti být šetrný k životnímu prostředí.

Seznam použité literatury

1. Bilík, Oldřich. Obrábění I, 2.díl. Ostrava : VŠB – TU Ostrava. 2002, 1.vydání, 80 s. ISBN 80-248-0033-0
2. Brychta, Josef. Obrábění I – návod pro cvičení 2.část. Ostrava: VŠB – TU Ostrava. 2004, 2.vydání, 120 s. ISBN 80-248-0577-4
3. Internetové stránky České společnosti pro jakost – <http://www.csq.cz>
4. fy Sandvik Coromant , Technická příručka obrábění: Elanders – Švédsko. 2005
5. <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/texty.pdf>
6. http://www.jananovakova.net/wp-content/uploads/skripta_Technologie_II_1dil.pdf
7. <http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-3-dil>
8. <http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-5-dil>
9. <http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-4-dil>
10. <http://www.skonas.cz/>
11. <http://ime.fme.vutbr.cz/files/Vyuka/3SV/04C-3SV.ppt>
12. Bobčík, L. Střížné nástroje pro malosériovou výrobu. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983. 216 s. 04-229-83
13. Leinveber, J., Řasa, J., Vávra, P. Strojnické tabulky. 3. vyd. doplněné. Praha:Scientia, spol. s r.o., 2000. 985 s. ISBN 80-7183-164-6

Seznam příloh

1. výkres nástroje STŘIŽNICE

2. CD-ROM

Seznam použitých symbolů a zkratek

1.	mm	milimetr
2.	cm	centimetr
3.	ČSN EN-10027-1	soustava technických norem
4.	W ₂ C, V ₄ C ₃ , Mo ₂ C	vzorce karbidů
5.	s.r.o	společnost s ručeným omezením
6.	NH	bývalá Nová Huť – název firmy
7.	Kg	jednotka hmotnosti
8.	°C	jednotka teploty
9.	Mn	chemická značka manganu
10.	Cr	chemická značka chromu
11.	Mo	chemická značka molybdenu
12.	W	chemická značka wolframu
13.	V	chemická značka vanadu
14.	Co	chemická značka kobaltu
15.	Si	chemická značka křemíku
16.	Al	chemická značka hliníku
17.	Ni	chemická značka niklu
18.	P	chemická značka fosforu
19.	S	chemická značka síry
20.	Cu	chemická značka mědi
21.	O	chemická značka kyslíku
22.	N	chemická značka dusíku
23.	H	chemická značka vodíku
24.	W.mm ⁻²	jednotka koncentrace energie
25.	s, min., hod.	jednotky času
26.	CNC	počítačové číslicové řízení stroje
27.	d	značka průměru
28.	D	požadovaný rozměr dutiny, průměr nástroje
29.	a	značka velikosti pracovní mezery,
30.	R _{max}	požadovaná drsnost obrobeného povrchu
31.	z	značka tloušťky narušeného povrchu
32.	M _m	minimální hodnota, o kterou musí být nástroj menší pro dosažení průměru dutiny
33.	mm ³ .min	úběr objemu materiálu za jednotku času

34.	Ra	značka drsnosti
35.	cm ²	jednotka obsahu plochy
36.	CO ₂ , N ₂ ,H ₂	chemické vzorce pro směsi plynů
37.	A.cm. ⁻²	jednotka pro hustotu proudu
38.	m.s ⁻¹	jednotka pro rychlost
39.	V	jednotka pro napětí
40.	H ₂ SO ₄ , H ₃ PO ₄	chemický vzorec kyseliny sírové a fosforečné
41.	Hz	jednotka frekvence
42.	W	jednotka příkonu
43.	KNB	chemický vzorec kubického nitridu boru
44.	SiC	chemický vzorec karbidu křemíku
45.	Al ₂ O ₃	chemický vzorec kysličníku hlinitého
46.	MPa.	jednotka tlaku
47.	l/min	jednotka průtoku vody
48.	n [min ⁻¹]	označení a jednotka otáček
49.	v _c [m.min ⁻¹]	označení a jednotka řezné rychlosti
50.	f [mm]	označení a jednotka posuvu
51.	a _p [mm]	označení a jednotka hloubky řezu
52.	HRC	označení tvrdosti podle Rockwella
53.	f _n [mm]	označení jednotka posuvu na otáčku
54.	f _z [mm]	označení a jednotka posuvu na zub
55.	v _f [mm.min ⁻¹]	označení a jednotka posuvové rychlosti
56.	π	Ludolfovo číslo (3,14)